



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2018/2019

Nº de proyecto

23

Título del proyecto

Modernización de contenidos en asignaturas
de Física de la Materia Condensada

Nombre del responsable del proyecto

Francisco Domínguez-Adame Acosta

Centro

Facultad de Ciencias Físicas

Departamento

Física de Materiales

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El Grado en Física impartido en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense tiene la marcada vocación de formar a los futuros investigadores en esta disciplina. Cabe destacar que, atendiendo al número de publicaciones, alrededor del **32%** de la investigación mundial en el ámbito de las Ciencias Físicas se engloba bajo el epígrafe de Física de la Materia Condensada. Solo en los últimos veinte años, la Academia Sueca ha galardonado con el Premio Nobel de Física a investigadores del campo de la Física de la Materia Condensada en siete ocasiones, incluyendo el último en 2016. Sin embargo, su presencia en las asignaturas de grado y máster es casi testimonial, con tan solo una asignatura con esta denominación en cada etapa. Los descubrimientos, que se suceden muy rápidamente, suelen aparecer en las noticias de la prensa escrita y en televisión. Desafortunadamente, resulta difícil encontrar la ocasión para presentarlos adecuadamente en las asignaturas del plan de estudio vigente, a un nivel accesible para los alumnos.

En este Proyecto INNOVA-Docencia hemos pretendido superar estas limitaciones académicas de las asignaturas tradicionales de grado y máster. Para ello, varios profesores y estudiantes de la Facultad de Ciencias Físicas hemos diseñado, organizado y llevado a cabo las Jornadas *Últimos Avances en Física de la Materia Condensada*. Estas Jornadas tienen un doble objetivo docente. Por una parte, pretenden que nuestros alumnos se familiaricen con los temas de investigación más recientes y punteros del área. Por otra parte, también buscan promover que muchos más alumnos y alumnas decidan iniciar una carrera investigadora, en particular en Física de la Materia Condensada.

El principal objetivo del proyecto es el estudio, análisis y posterior elevación de propuestas para la mejora de la docencia de la Física de la Materia Condensada. Este objetivo docente general se divide en varios objetivos específicos, que pasamos a detallar.

- **Objetivo 1:** Diseño de los contenidos y calendario de las Jornadas *Últimos Avances en Física de la Materia Condensada*.
- **Objetivo 2:** Elaboración de las encuestas que se distribuirán entre los estudiantes que asistan a las Jornadas.
- **Objetivo 3:** Elaboración de un *libro blanco* a partir del análisis de las encuestas y de entrevistas con profesores del Departamento de Física de Materiales, expertos en los temas presentados en las Jornadas.
- **Objetivo 4:** Elevación al Consejo de Departamento de Física de Materiales de propuestas de cambios de programa y metodología en las asignaturas *Física del Estado Sólido* y *Física de la Materia Condensada* del Grado en Ciencias Físicas y *Temas Avanzados en Física de la Materia Condensada* del Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados.

2. Objetivos alcanzados

Los cuatro objetivos previstos se han cumplido en su totalidad, de acuerdo con la planificación inicial recogida en la memoria de solicitud. A continuación se detallan los aspectos relativos a cada uno de ellos.

Objetivo 1: Diseño de los contenidos y calendario de las Jornadas *Últimos Avances en Física de la Materia Condensada*.

Se ha confeccionado un calendario compatible con la docencia reglada impartida en la Facultad. Para ello, se eligió el jueves con horario de 13:30 a 14:30, desde el 7 de febrero hasta el 11 de abril de 2018, ambos inclusive. Las sesiones tuvieron lugar en el Aula 4A de la Facultad de Ciencias Físicas, con capacidad para albergar a los **41 alumnos** inscritos.

Los temas impartidos así como los conferenciantes han sido los siguientes:

1. *Los diversos efectos Hall cuántico*. Álvaro Díaz, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 7 de febrero de 2019.
2. *Irreversibilidad y disipación en motores microscópicos*. Juan Manuel R. Parrondo, Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica de la Universidad Complutense. 14 de febrero de 2019.
3. *Moléculas quirales: Espintrónica sin imanes*. Elena Díaz, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 21 de febrero de 2019.
4. *Superconductividad*. María José Calderón, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 28 de febrero de 2019.
5. *Propiedades ópticas de nanohilos semiconductores*. Bianchi Méndez, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 7 de marzo de 2019.
6. *Nanoestructuras de grafeno*. Marta Saiz, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 14 de marzo de 2019.
7. *Fenómenos emergentes: interfaces a primer plano*. María Varela, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 21 de marzo de 2019.
8. *Propiedades mecánicas y fricción en la nanoescala*. Rubén Pérez, Departamento de Física Teórica de la Materia Condensada la Universidad Autónoma de Madrid. 28 de marzo de 2019.
9. *Espintrónica basada en interfaces entre óxidos correlacionados*. Zouhair Sefrioui, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 4 de abril de 2019.
10. *Transporte térmico en la nanoescala*. Rafael Gutiérrez, Institute for Materials Science, TU Dresden, Alemania. 11 de abril de 2019.

Los participantes han recibido un mail semanal recordando avisando de que la presentación de la siguiente sesión se encontraba disponible para su descarga en la web de las jornadas (<http://valbuena.fis.ucm.es/fmc>). De esta manera se han podido familiarizar con el tema a tratar antes de cada conferencia.

Objetivo 2: Elaboración de las encuestas que se distribuyeron entre los estudiantes que asistieron a las Jornadas.

Los cuatro organizadores elaboraron una encuesta anónima de 12 preguntas, casi todas ellas de respuesta Sí/No. La encuesta, que aparece en el Anexo A de esta memoria, ha cubierto todos los aspectos esenciales sobre el tipo de orientación académica de los participantes así como sobre la posible relevancia de la Física de la Materia Condensada en su actividad profesional futura. Tras finalizar las dos últimas conferencias, impartidas los días 4 y 11 de abril, se distribuyó la encuesta anónima entre los participantes. Un total de 27 alumnos respondieron a las cuestiones (23 alumnos y 4 alumnas). Por tanto, este objetivo también se ha cumplido en su totalidad.

Objetivo 3: Elaboración de un *libro blanco* a partir del análisis de las encuestas y de entrevistas con profesores del Departamento de Física de Materiales, expertos en los temas presentados en las Jornadas.

El Anexo B de esta memoria recoge el *libro blanco* con las principales conclusiones del estudio de las encuestas y de entrevistas con profesores del Departamento de Física de Materiales. En consecuencia, este objetivo también se ha completado de acuerdo con el plan previsto.

Objetivo 4: Elevación al Consejo de Departamento de Física de Materiales de propuestas de cambios de programa y metodología en las asignaturas *Física del Estado Sólido* y *Física de la Materia Condensada* del Grado en Ciencias Físicas y *Temas Avanzados en Física de la Materia Condensada* del Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados.

El *libro blanco* se ha puesto a disposición de todos los profesores del Departamento de Física de Materiales a través del Seminario de Trabajo del Campus Virtual. La intención es que constituya un punto del orden del día de la próxima reunión del Consejo de Departamento, cuya fecha la dirección no ha fijado aún. En consecuencia, a falta de conocer la fecha, la elevación al Consejo de Departamento de Física de Materiales de propuestas de cambios de programa y metodología se puede considerar realizada.

3. Metodología empleada en el proyecto

Como objetivo principal, el proyecto ha explorado la situación actual de la Física de la Materia Condensada en los planes de estudios vigentes para el Grado en Física y el Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados. Asimismo, ha analizado la percepción que los alumnos tienen de este campo en el ámbito de la física moderna. Para ello hemos contado la ayuda de las encuestas a los alumnos, que nos han permitido averiguar las fortalezas y debilidades de esta materia en el plan de estudios actual.

Este proyecto ha tenido como segundo objetivo central proponer una serie de mejoras concretas para mejorar la presencia de la Física de la Materia Condensada, que constituye más de un 25% de los recursos actuales dedicados a la investigación en Ciencias Físicas, en los planes de estudio y actividades de la Facultad. El análisis de las respuestas ha permitido proponer una serie de directrices para que los planes de estudio se modernicen y se adecuen a la docencia que ofrecen las Universidades de mayor prestigio del panorama internacional.

4. Recursos humanos

Todas las tareas han recaído exclusivamente en los cuatro organizadores de las jornadas. Por tanto, no ha sido necesario contar con la participación de personal ajeno a la propuesta. Los componentes del equipo han sido dos profesores (Francisco Domínguez-Adame Acosta y Elena Díaz García), un estudiante de doctorado (Álvaro Díaz Fernández) y una estudiante de máster (Yuriko Baba). Los profesores se han encargado principalmente de las cuestiones organizativas, contactando con los conferenciantes, reserva de aula, control de participación de alumnos, recogida y evaluación de resúmenes de los alumnos interesados en solicitar el crédito optativo (aprobado por la Comisión de Estudios del Rectorado el 4 de diciembre de 2018). Los estudiantes han realizado el estudio estadístico de los resultados de las encuestas, que fueron elaboradas y consensuadas por los cuatro componentes del equipo.

5. Desarrollo de las actividades

En los apartados anteriores se han presentado las principales actividades que se han llevado a cabo. A continuación se resumen su secuencia temporal.

- Octubre de 2018 a enero de 2019. Elaboración del programa y selección de conferenciantes. Coordinación de fechas para las conferencias.
- Febrero a abril de 2019. Conferencias de los investigadores invitados.
- Marzo de 2019. Elaboración de las encuestas para realizar a los alumnos.
- Mayo de 2019. Análisis de encuestas realizadas a los alumnos.
- Mayo de 2019. Elaboración del libro blanco.
- Junio de 2019. Elevación del libro blanco al Consejo de Departamento y discusión de los resultados con otros profesores.

6. Anexos

Anexo A. Encuesta anónima entregada a los alumnos

Jornadas **Últimos Avances en Física de la Materia Condensada**. Curso 2018/19.

1. ¿Has cursado o cursas Física de la Materia Condensada en Grado o Máster?
☐ Sí ☐ No
2. ¿Sabías qué era la Física de la Materia Condensada antes de conocer estas Jornadas?
☐ Sí ☐ No
3. ¿Después de estas Jornadas ha aumentado tu interés por profundizar en temas relacionados con la Física de la Materia Condensada a través de otros cursos, actividades o asignaturas optativas?
☐ Sí ☐ No
4. ¿Te gustaría dedicarte en tu vida profesional a la Física de la Materia Condensada?
☐ Sí ☐ No
5. En caso afirmativo, ¿qué aspectos te llaman más la atención?
☐ Teóricos ☐ Experimentales ☐ Ambos
6. ¿Crees que la Física de la Materia Condensada ocupa una parte proporcional a su importancia en las asignaturas ofertadas en el Grado?
☐ Sí ☐ No
7. ¿Crees que el formato de las Jornadas, con charlas específicas sobre temas de investigación actual, es interesante y aplicable a otras asignaturas del plan de estudios que cursas?
☐ Sí ☐ No
8. ¿Piensas solicitar el crédito optativo?
☐ Sí ☐ No
9. En caso afirmativo, ¿te parece adecuado el método de evaluación propuesto?
☐ Sí ☐ No
10. ¿Volverías a inscribirte el próximo curso si se imparten temas nuevos?
☐ Sí ☐ No
11. ¿Recomendarías a tus compañeros de curso la asistencia a las Jornadas?
☐ Sí ☐ No
12. ¿Qué temas has echado en falta en el programa de este año?

Datos para estadística: ☐ Hombre ☐ Mujer

Curso matriculado actualmente:

Anexo B. Libro blanco

Introducción

El Grado en Física impartido en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense tiene la marcada vocación de formar a los futuros investigadores en diversas disciplinas. Cabe destacar que, atendiendo al número de publicaciones, alrededor del **32%** de la investigación mundial en el ámbito de las Ciencias Físicas se engloba bajo el epígrafe de Física de la Materia Condensada [R. Sinatra y col., Nature Physics **11**, 791 (2015)]. Solo en los últimos veinte años, la Academia Sueca ha galardonado con el Premio Nobel de Física a investigadores del campo de la Física de la Materia Condensada en siete ocasiones, el último en 2016. Sin embargo, su presencia en las asignaturas de grado y máster es casi testimonial, con tan solo una asignatura con esta denominación en cada etapa formativa. Los descubrimientos, que se suceden muy rápidamente, suelen aparecer en las noticias de la prensa escrita y en televisión. Desafortunadamente, resulta difícil encontrar la ocasión para presentarlos adecuadamente en las asignaturas del plan de estudio vigente, a un nivel accesible para los alumnos.

En el curso académico 2018/19, Francisco Domínguez-Adame Acosta, Elena Díaz García, Álvaro Díaz Fernández y Yuriko Caterina Baba, del Departamento de Física de Materiales, han desarrollado un Proyecto INNOVA-Docencia con un doble propósito:

- Por una parte, se han diseñado, organizado y llevado a cabo las Jornadas *Últimos Avances en Física de la Materia Condensada*. Estas Jornadas tenían un doble objetivo docente. Por una parte, pretenden que nuestros alumnos se familiaricen con los temas de investigación más recientes y punteros del área. Por otra parte, también buscan promover que muchos más alumnos y alumnas decidan iniciar una carrera investigadora, en particular en Física de la Materia Condensada. Además, los participantes que lo han deseado han solicitado un crédito optativo.
- Por otra parte, se ha distribuido una encuesta anónima de 12 preguntas entre los asistentes para recabar información sobre su conocimiento previo de la materia, el interés que han suscitado las conferencias y la posible intención de dedicarse en su futuro profesional a este campo. Los resultados de las mismas se presentan y analizan más adelante.

Desarrollo de las actividades

Las Jornadas se distribuyeron en 10 sesiones de 60 minutos cada una, con la participación de profesores e investigadores del Departamento de Física de Materiales en su mayoría, pero también del Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica, así como del Instituto de Ciencia de Materiales del CSIC y de la Universidad Técnica de Dresden. El número de estudiantes inscritos fue de **41**.

Los temas impartidos así como los conferenciantes han sido los siguientes:

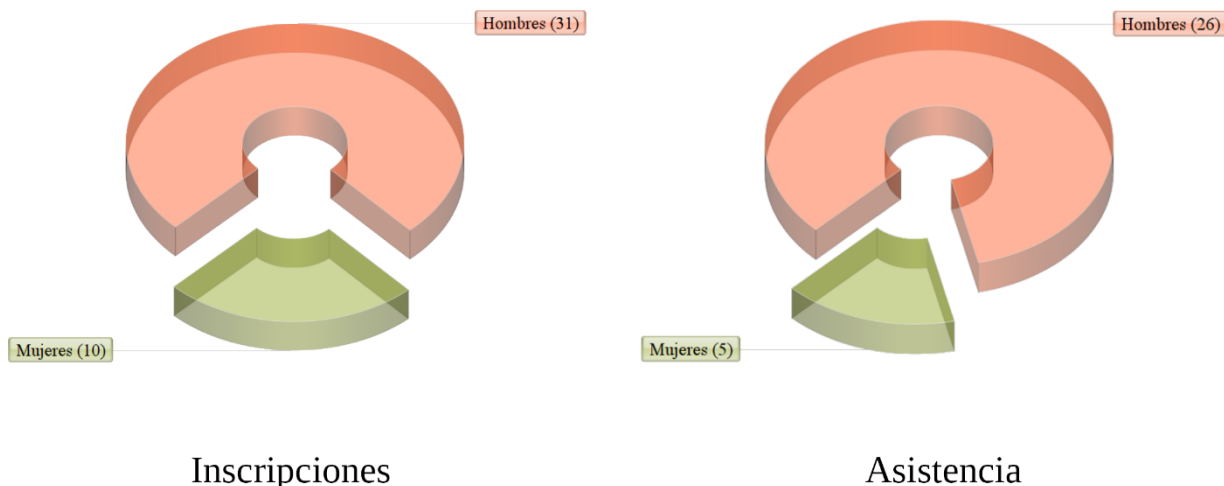
1. *Los diversos efectos Hall cuántico*. Álvaro Díaz, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 7 de febrero de 2019.
2. *Irreversibilidad y disipación en motores microscópicos*. Juan Manuel R. Parrondo, Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica de la Universidad Complutense. 14 de febrero.
3. *Moléculas quirales: Espintrónica sin imanes*. Elena Díaz, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 21 de febrero de 2019.

4. *Superconductividad*. María José Calderón, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 28 de febrero de 2019.
5. *Propiedades ópticas de nanohilos semiconductores*. Bianchi Méndez, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 7 de marzo de 2019.
6. *Nanoestructuras de grafeno*. Marta Saiz, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 14 de marzo de 2019.
7. *Fenómenos emergentes: interfaces a primer plano*. María Varela, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 21 de marzo de 2019.
8. *Propiedades mecánicas y fricción en la nanoescala*. Rubén Pérez, Departamento de Física Teórica de la Materia Condensada la Universidad Autónoma de Madrid. 28 de marzo de 2019.
9. *Espintrónica basada en interfaces entre óxidos correlacionados*. Zouhair Sefrioui, Departamento de Física de Materiales de la Universidad Complutense. 4 de abril de 2019.
10. *Transporte térmico en la nanoescala*. Rafael Gutiérrez, Institute for Materials Science, TU Dresden, Alemania. 11 de abril de 2019.

Los participantes han recibido un mail semanal recordando avisando de que la presentación de la siguiente sesión se encontraba disponible para su descarga en la web de las jornadas (<http://valbuena.fis.ucm.es/fmc>). De esta manera se han podido familiarizar con el tema a tratar antes de cada conferencia.

Resultados de las encuestas

Inicialmente se inscribieron **41** estudiantes, de los cuales **31** asistieron al menos al 70% de las sesiones, requisito para optar al diploma acreditativo. La distribución por sexos de inscritos inicialmente (41) y asistentes regulares (31) fue la siguiente



La tasa de abandono fue significativamente mayor en las mujeres (50%) que en los hombres (16%), a pesar de que el 50% de organizadores y de ponentes eran mujeres.

Tras finalizar las últimas dos sesiones, 27 alumnos respondieron a las preguntas de la encuesta anónima. La encuesta presentaba 10 preguntas de respuesta simple SI/NO, una pregunta con tres posibles respuestas y una última pregunta de respuesta libre. La relación de preguntas con respuesta simple es

1. ¿Has cursado o cursas Física de la Materia Condensada en Grado o Máster?
2. ¿Sabías qué era la Física de la Materia Condensada antes de conocer estas Jornadas?
3. ¿Después de estas Jornadas ha aumentado tu interés por profundizar en temas relacionados con la Física de la Materia Condensada a través de otros cursos, actividades o asignaturas optativas?
4. ¿Te gustaría dedicarte en tu vida profesional a la Física de la Materia Condensada?
6. ¿Crees que la Física de la Materia Condensada ocupa una parte proporcional a su importancia en las asignaturas ofertadas en el Grado?
7. ¿Crees que el formato de las Jornadas, con charlas específicas sobre temas de investigación actual, es interesante y aplicable a otras asignaturas del plan de estudios que cursas?
8. ¿Piensas solicitar el crédito optativo?
9. En caso afirmativo, ¿te parece adecuado el método de evaluación propuesto?
10. ¿Volverías a inscribirte el próximo curso si se imparten temas nuevos?
11. ¿Recomendarías a tus compañeros de curso la asistencia a las Jornadas?

La siguiente tabla presenta los resultados de las preguntas de respuesta simple

Pregunta	Si	No	NS/NC
1	18,5%	81,5%	0
2	70,4%	29,6%	0
3	88,9%	11,1%	0
4	48,2 %	40,8 %	11,0%
6	40,7%	59,3%	0
7	92,6%	7,4%	0
8	18,5%	81,6%	0
9	100,0%	0	0
10	92,6%	7,4%	0
11	96,3%	0	3,7%

Como continuación a la pregunta 4, en caso afirmativo la encuesta preguntaba por el interés del alumno en relación a los aspectos teóricos o experimentales de la Física de la Materia Condensada. Las respuestas fueron las siguientes

Pregunta	Teoría	Experimento	Ambos	NS/NC
5	14,8%	33,3%	29,6%	22.3%

En cuanto a temas que los alumnos echaron en falta, se obtuvieron las siguientes propuestas:

Respuesta	Nº alumnos
Materiales topológicos	1
Plasmónica	1
Experimentos, simulaciones	1
Repercusión social	1
Inteligencia artificial	1
Aplicaciones	1

Análisis de los resultados de las encuestas

A raíz de los resultados de las preguntas 1 y 2, relativas al conocimiento previo de la Física de la Materia Condensada y haber sido alumno de alguna de estas asignaturas, la mayoría respondió que no habían realizado estudios previos de esta temática pero sí tenían conocimiento de su existencia. La posible causa radica en la información que muchos alumnos reciben al iniciar la asignatura de Física del Estado Sólido, donde se les informa que los temas a discutir se engloban de manera general en lo que hoy día se conoce como Física de la Materia Condensada. La pregunta 3 muestra que las Jornadas han cumplido con el objetivo de despertar el interés de los participantes porque la gran mayoría de participantes tiene la intención de profundizar en los temas presentados. Y la mitad se plantea la posibilidad de dedicarse en el futuro a este ámbito (pregunta 4), en una proporción que es incluso superior a la representada por la Física de la Materia Condensada en el panorama de la Física Moderna. La proporción de estudiantes interesados exclusivamente en aspectos teóricos es baja, en torno a un 15% (pregunta 5), y todos ellos hombres. Por el contrario, en respuesta a la pregunta 5, todas las mujeres marcaron exclusivamente la opción *Experimental*. Una parte importante, en torno al 60%, considera que la Física de la Materia Condensada está infrarrepresentada en las asignaturas del plan de estudios vigentes de la Facultad de Ciencias Físicas (pregunta 6). Por otra parte, de nuevo una mayoría considera que el formato de estas jornadas es aplicable y extensible a otras asignaturas (pregunta 7). También parece haber sido un acierto brindar la posibilidad de ofertar un crédito optativo y el método de evaluación consistente en la presentación de un trabajo sobre una de las conferencias impartidas (preguntas 8 y 9). Además, muchos querían inscribirse el próximo curso si se presentan nuevos temas y se lo recomendarían a sus compañeros como una actividad de interés (preguntas 10 y 11).

Recomendaciones

A la luz de los resultados obtenidos en las encuestas así como de la experiencia adquirida por los profesores y estudiantes organizadores, se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

1. En las primeras asignaturas de Grado en Física en la que los alumnos comienzan a recibir nociones sobre el comportamiento de la materia sólida (Física de Materiales y Física del Estado Sólido, ambas de tercer curso), es conveniente hacerles saber que la Física de la Materia Condensada representa un tercio de la investigación en el panorama de la Física Actual.
2. Ante la dificultad real de modificar los planes de estudio en estos momentos, la alternativa para familiarizar a los alumnos con los muchos aspectos, problemas y tecnologías relativas a la Física de la Materia Condensada para por organizar actividades de divulgación y difusión. Las Jornadas **Últimos Avances en Física de la Materia Condensada** ha

resultado ser un marco excepcional para llevarlo a cabo, pero sin duda no es el único formato posible.

3. La oferta de créditos optativos favorece la participación, incluso si el estudiante ya está motivado de antemano. Para los participantes ha resultado razonable el método de evaluación mediante un trabajo escrito de al menos 1000 palabras sobre una de las conferencias impartidas, elegida libremente.
4. Las Jornadas han favorecido el análisis, la síntesis y la evaluación de contenidos de Física de la Materia Condensada por parte de los alumnos (ámbitos de mayor complejidad de acuerdo con la taxonomía de Bloom).